

Piotr Wesółowski¹, Jolanta Gawalek²

¹Instytut Technologii i Inżynierii Chemicznej, Politechnika Poznańska

²Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

WYTWARZANIE KONCENTRATÓW ROZPUSZCZALNEJ KAWY ZBOŻOWEJ W MIESZALNIKU Z MIESZADŁEM ŁAPOWYM

Streszczenie

W pracy zweryfikowano doświadczalnie tezę o znaczeniu kierunku pochylenia łopatek mieszadła łapowego podczas wytwarzania koncentratów kawy porównując pracę mieszadeł, które w osi mieszalnika pompują ciecz odpowiednio w górę i w dół zbiornika. W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono, że zastosowanie większych, niestandardowych geometrycznie mieszadeł łapowych, pozwalające skrócić czas realizacji procesu wytwarzania koncentratu wymaga znacznego wzrostu nakładów energetycznych.

Słowa kluczowe: Koncentraty kawy zbożowej, mieszanie, mieszadła łapowe.

Wprowadzenie

Wytworzenie w zdemineralizowanej wodzie o temperaturze otoczenia stężonego koncentratu kawy, z uwagi na wysoki stopień rozdrobnienia, słabą zwilżalność i bardzo dużą różnicę gęstości obu faz, jest poważnym problemem procesowym. Badania wstępne, w których zastosowano standardową turbinę Rushtona wykazały, że mieszadło to jest praktycznie nieprzydatne do realizacji procesu [Wesółowski 2000]. Ponieważ wprowadzana porcjami do mieszalnika kawa zbożowa, zalegając na powierzchni łatwo ulegała zbrylaniu wytworzenie jednorodnego roztworu wymagało dużych częstości obrotów mieszadła, co pociągało za sobą niepożądany wzrost nakładów energetycznych i bardzo wysoki stopień niekorzystnego napowietrzenia koncentratu.

Gęstość usypowa stosowanej kawy wynosi zaledwie $\rho_s \approx 200 \text{ g/dm}^3$, dlatego układ w początkowej fazie procesu zachowuje się jak klasyczna zawiesina „lekka”. Niekonwencjonalne tzw. „lekkie” zawiesiny, charakteryzują się ujemną wartością modułu gęstościowego [Wesółowski 1998]. Są to zatem układy dwufazowe, w których gęstość rozpraszanego ciała stałego jest mniejsza od gęstości cieczy stanowiącej ośrodek ciągły. Omawiając hydrodynamikę wytwarzania tego typu układów [Wesółowski 1999], do produkcji w mieszalniku zawiesin „lekkich” rekomendowano mieszadło łapowe z łopatkami pochyłymi względem wału pod kątem 45° . Mieszadło to w osi aparatu, pompuje ciecz w górę w kierunku zwierciadła cieczy, wywołując w zbiorniku klasyczną cyklonację osiową.

Cel i zakres pracy

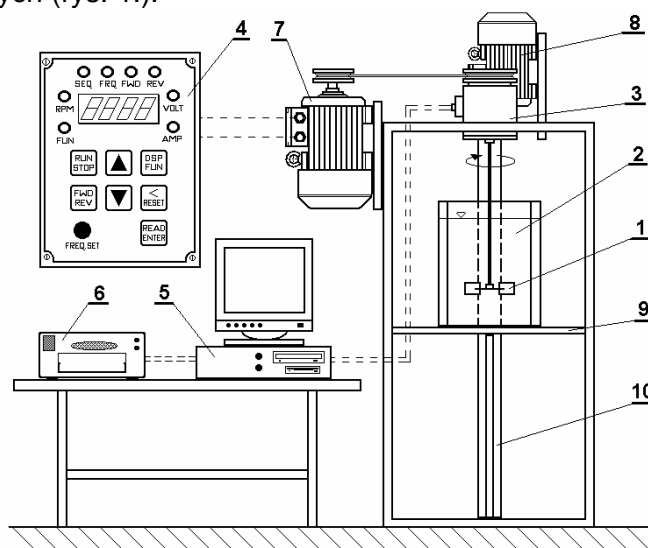
W pracy przeprowadzono doświadczalną weryfikację tezy o znaczeniu kierunku pochylenia łopatek mieszadła łapowego podczas wytwarzania koncentratów kawy zbożowej w wyniku porównania pracy mieszadeł, które w osi mieszalnika pompują ciecz odpowiednio w górę i w dół zbiornika. Zasadniczym celem badań było rozeznanie możliwości zintensyfikowania produkcji koncentratu w wyniku zastosowanie większych, niestandardowych geometrycznie mieszadeł.

Doświadczenia wykonano w szklanym płaskodennym zbiorniku o średnicy $D = 0,205$ m, wyposażonym w cztery przegrody o szerokości $B = 0,1 D$, stosując mieszadła łopate o średnicy $d = 0,080, 0,100$ i $0,120$ m z prostokątnymi łopatkami pochylonymi pod kątem $\alpha = 45$ i 135° . Wyliczone dla poszczególnych mieszadeł inwarianty geometryczne wynosiły odpowiednio:

$$\frac{d}{D} = 0,390; 0,488; 0,585$$

Stanowisko pomiarowe i metodyka badań

Badania doświadczalne przeprowadzono na stanowisku do pomiaru mocy mieszania w układach wielofazowych (rys. 1.).



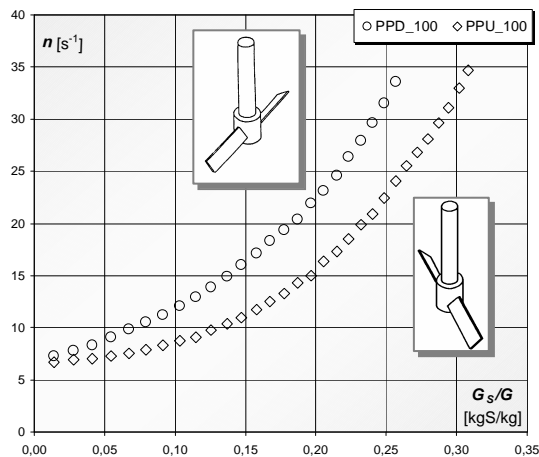
Rys. 1. Stanowisko do momentometrycznych pomiarów mocy mieszania: 1 – mieszadło; 2 – zbiornik; 3 – momentomierz; 4 – falownik silnika; 5 – komputer; 6 – drukarka; 7 – silnik mieszalnika; 8 – silnik podnośnika; 9 – ruchomy podest; 10 – podnośnik.

Fig. 1. Stand to torque metering measures of mixing power: 1-agitator, 2-container, 3-torque sensor, 4-motor inverter, 5-computer, 6-printer. 7-motor of mixer, 8-motor of elevator, 9-movable platform, 10-elevator.

W toku badań eksperymentalnych wyznaczano minimalną częstość obrotów badanych mieszadeł konieczną do wytworzenia jednorodnego koncentratu kawy o określonym stężeniu. Udział masowy kawy zwiększano z krokiem $G_2/G_1 = 100$ g, zakładając, że czas potrzebny na wytworzenie kolejnych, coraz bardziej stężonych, koncentratów nie powinien dla poszczególnych mieszadeł przekraczać odpowiednio $t = 30, 25$ i 20 s. Dla wszystkich zadawanych częstości obrotów rejestrowano moment skręcający wał mieszadła niezbędny do wyliczenia mocy mieszania, w oparciu o którą oceniano jednostkowe nakłady energetyczne ponoszone na realizację procesu. Do oceny momentu na wale mieszadła stosowano oryginalny momentomierz tulejowy własnej konstrukcji [Wesolowski, Stolpe 2001].

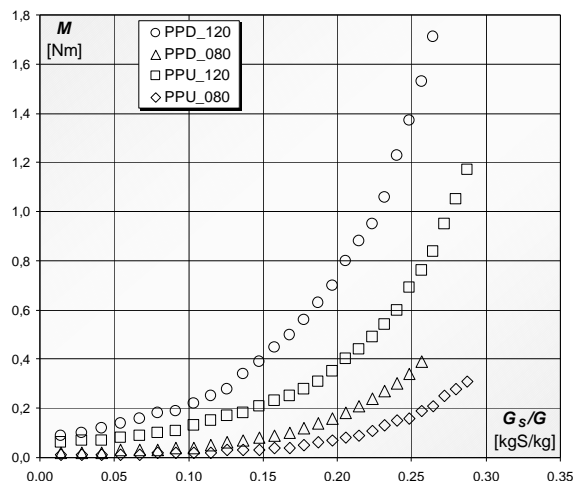
Wyniki pomiarów

Przykładowy przebieg zależności minimalnej częstości obrotów mieszadła od stężenia koncentratu kawy, dla dwóch badanych mieszadeł łopate o średnicy $d = 0,100$ m, pokazano na rysunku 2.



Rys. 2. Porównanie zależności $n = f(G_s/G)$ dla wybranych mieszadeł.
 Fig. 2. Comparison of the relationship $n=f(G_s/G)$ for selected mixing agitators.

Na rysunku 3 pokazano przebieg zależności rejestrowanego momentu skracającego wał od stężenia koncentratu kawy, dla badanych mieszadeł łopowych o średnicach $d = 0,080$ i $0,120$ m.

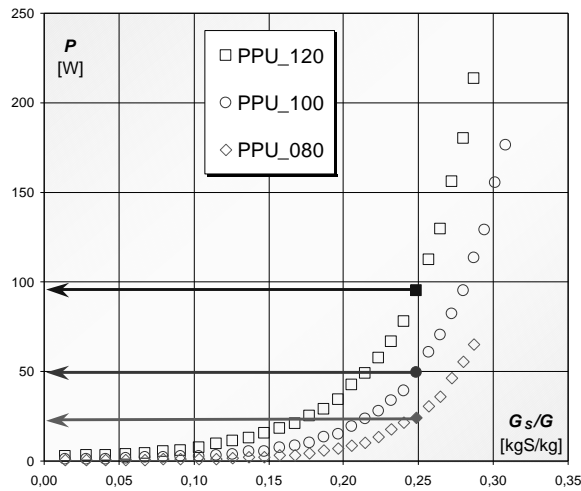


Rys. 3. Porównanie zależności $M = f(G_s/G)$ dla wybranych mieszadeł.
 Fig. 3. Comparison of the relationship $M=f(G_s/G)$ for selected mixing agitators.

Omawiane rezultaty wskazują, że wytworzenie koncentratu mieszadłami pompującymi w górę w całym badanym zakresie stężeń wymaga niższych częstotliwości obrotów (rys. 2.), a tym samym niższych wartości rejestrowanego na wale momentu (rys. 3.), niż w przypadku mieszadeł pompujących w dół.

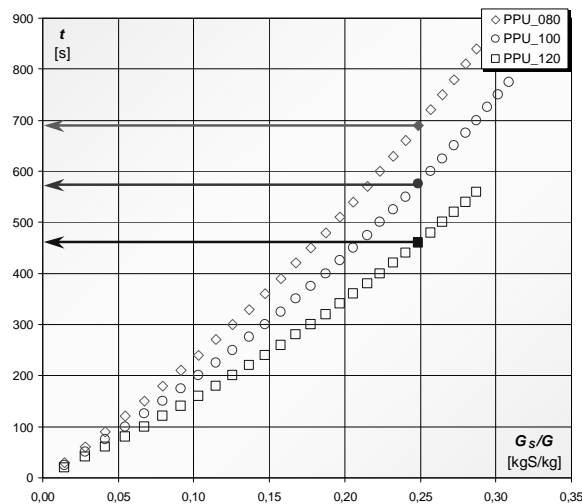
Spostrzeżenia powyższe potwierdzają słuszność rekomendacji mieszadeł łopowych pompujących w górę do wytwarzania koncentratów kawy.

Wzrost średnicy mieszadła, jak pokazano na rysunku 4, na przykładzie rekomendowanych do wytwarzania koncentratów kawy mieszadeł, pociąga za sobą jednoznaczny wzrost nakładów energetycznych. Jednakże zastosowanie większych, niestandardowych geometrycznie, mieszadeł łopowych pozwala, jak pokazano na rysunku 5, skrócić czas potrzebny na realizację procesu.



Rys. 4. Porównanie zależności $P = f(G_s/G)$ dla badanych mieszadeł łopowych pompujących w osi aparatu ciecz w górę.

Fig. 4. Comparison of the relationship $P=f(G_s/G)$ for tested paddle agitators pumping the liquid upwards in mixer axis.

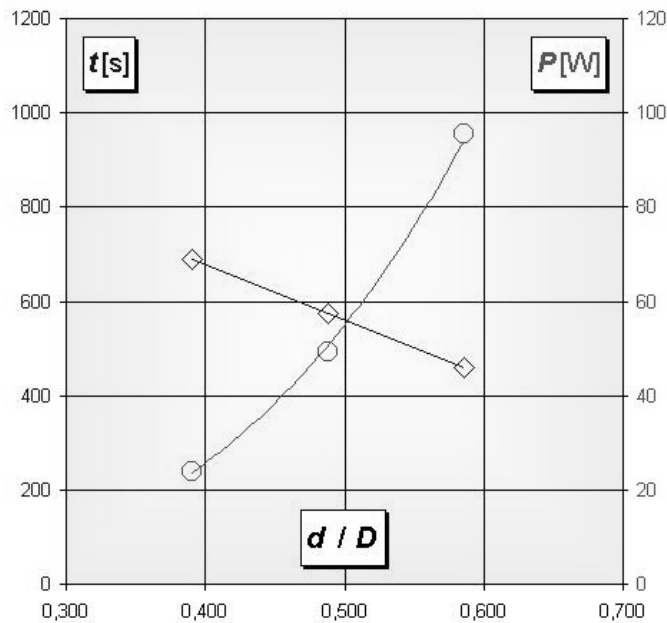


Rys. 5. Porównanie zależności $t = f(G_s/G)$ dla badanych mieszadeł łopowych pompujących w osi aparatu ciecz w górę.

Fig. 5. Comparison of the relationship $t=f(G_s/G)$ for tested paddle agitators pumping the liquid upwards in mixer axis.

Na obu wykresach, w celach porównawczych, wyeksponowano wartości mocy i czasu konieczne do wytworzenia koncentratu o identycznym stężeniu.

Do porównania (rys. 6.) wpływu inwariantu geometrycznego d/D zarówno na ponoszone nakłady energetyczne, jak i na czas mieszania wybrano wartości uzyskane podczas wytwarzania koncentratu kawy o stężeniu 25%.



Rys. 6. Porównanie wpływu inwariantu geometrycznego d/D na czas mieszania i ponoszone nakłady energetyczne w przypadku wytwarzania koncentratu o stężeniu 25%.

Fig. 6. Comparison of the effect of geometrical invariant d/D on the time of mixing and energy inputs for production of instant coffee concentrate or 25% concentration.

Wzrost inwariantu geometrycznego d/D będący konsekwencją wzrostu średnicy badanych mieszadeł pozwala skrócić czas konieczny na wytworzenie koncentratu o określonym stężeniu, jednakże widocznym skutkiem tego jest znaczny jednoczesny wzrost nakładów energetycznych na realizację procesu.

Jednoznaczne wskazanie optymalnego rozwiązania konstrukcyjnego układu mieszadło-zbiornik wymagałoby, aby na obu osiach reprezentujących zmienne zależne (czas i moc) występowała spójna jednostka miary np. koszty wynikające z oceny czasu prowadzenia procesu i ponoszonych nakładów energetycznych. Analiza taka winna zostać przeprowadzona na pracującej u zleceniodawcy instalacji podczas rzeczywistej produkcji koncentratu.

Wnioski

Podczas wytwarzania w mieszalniku wysokostężonych koncentratów rozpuszczalnej kawy zbożowej mieszadła łopowe z pochyłymi łopatkami pompujące w osi zbiornika ciecz w górę pracują efektywniej niż pompujące w dół, gdyż mieszany układ zachowuje się jak klasyczna zawiesina „lekka”.

Skrócenie czasu wytwarzania koncentratu w wyniku zastosowania większych, niestandardowych geometrycznie, mieszadeł wymaga znacznego wzrostu nakładów energetycznych.

Bibliografia

Wesołowski P. 1998: Production of the solid-liquid suspension for negative value of density factor by axial flow paddle impellers. Proceedings of the 13th International Congress of Chemical and Process Engineering – CHISA'98. No. 0745, (P1.42), 1-9, Praha.

Wesołowski P. 1999: Hydrodynamika wytwarzania zawiesiny „lekkiej” w zbiorniku z mieszadłami łopowymi. Prace Wydziału Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej, XXV, z. 1-3, 257-260.

Wesołowski P. 2000: Wytwarzanie „zawiesin lekkich” w układach rzeczywistych. Inżynieria i Aparatura Chemiczna 39(31), Nr 3s, 148-149.

Wesołowski P., Stolpe G. 2001: Rozwiązanie konstrukcyjne momentomierza do laboratoryjnych pomiarów mocy mieszania. Inżynieria Chemiczna i Procesowa, Tom 22, Zeszyt 3E, 1471-1476.

PRODUCTION OF INSTANT COFFEE CONCENTRATES IN A MIXER WITH PADDLE AGITATOR

Summary

The study verified experimentally the thesis on importance of paddle inclination direction in a paddle mixer at producing instant coffee concentrates, by comparing the action of agitator paddles which in mixer axis are pumping liquid respectively, upwards and downwards of the container. As a result of conducted experiments it was found that the application of bigger, not standard geometrical paddle agitators, enabling to cut the time of instant coffee production process, was connected with considerable increase of the energy input.

Key words: instant grain coffee concentrates, mixing, paddle agitators.

Recenzent – Wojciech Weiner